

# Moving Away from Carbon Neutrality Turmoil

by Koji Sakai and Takeju Matsuka

**H**umankind appears to have undertaken a broad range of efforts since the United Nations issued the report *Our Common Future* in 1987,<sup>1</sup> which defined “sustainable development.” Global warming has particularly been drawing attention as an urgent issue, leading to the adoption of the Paris Agreement at COP21 in 2015, which required the Parties to “submit their nationally determined contributions (NDCs) to reduce greenhouse gas emissions in the post-2020 period, regardless of whether they are developed or developing countries.” The agreement’s overarching goal was to “hold the increase in the global average temperature to well below 2°C [3.6°F], and pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5°C [2.7°F], above pre-industrial levels.”

However, it turned out that the compiled NDCs did not come close to the goal of the Paris Agreement. The post-Paris-agreement international movement, which should have been decisive, had stalled due to a complex mix of issues, including the development aspirations of countries in the Global South, the agendas of oil-producing nations, and the failure of developed countries in supporting developing countries.

The essence of the problem was clear, but decisions that touched the core of the issue had been avoided. At last, in 2023, the nations participating at COP28 approved a transition “away from fossil fuels” to renewable energy. This is noteworthy because COP28 was held in the United Arab Emirates (UAE), a producer of fossil fuels. At first glance, it may not seem like a major breakthrough, but actually, this is the crux of the issue. To this end, the agreement also clarified the goal of tripling the renewable energy capacity and doubling energy efficiency by 2030. This landmark shift means that humans have recognized, after frequent disasters due to torrential rains and droughts around the world, that the situation can no longer be left unaddressed, though with possible challenges ahead.

Meanwhile, the industrial world appears to have suddenly been roused to action, having set carbon neutrality as a goal to be reached by 2050. However, this revolutionary

transformation goal is causing a great deal of confusion, as it requires the “destructive creation” of technologies and systems that humankind built in the modern era. Therefore, it is necessary to calmly understand the true nature of the problem and take necessary actions.

This article clarifies what to do now with a clear vision of the nature of the turmoil concerning carbon neutrality in the field of cement/concrete and discusses measures to take steps forward toward this historic transformation.

## What is Cement/Concrete?

John Smeaton used hydraulic lime as a joint material for granite blocks in the construction of a lighthouse in 1756, and Joseph Aspdin was granted a patent for the method of producing hydraulic cement in 1824. That is to say, modern concrete has a history of well over 200 years. In Japan, Isami Hiroi, who graduated among the second class from Sapporo Agricultural College, Sapporo, Japan, to become the first director of the Otaru Harbor Construction Office in 1897, began durability tests with mortar briquettes in the previous year, when no proportioning design method had been established. These tests provided a wealth of information to succeeding generations as the “100-Year Durability Tests.”<sup>2</sup> With its subsequent widespread use along with related technologies and systems, cement/concrete has gained the status of a major material for present-day infrastructure development.

Concrete is a simple material that combines aggregate, which accounts for about 70% of its volume, with hydrates of cement. Aggregate is a highly abundant material, and so is water, which is necessary for the hydration of cement. Limestone, a raw material of cement, is a substance that has been and continues to be produced by living organisms over a long period of time. Therefore, it can be said that concrete has the characteristics of a material that can be used in large quantities. Reinforcing steel is the best and strongest complement to concrete that compensates for its weakness. Its raw materials are also amply available. In other words, no material can replace concrete.

Nevertheless, as it has become clear that carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is the cause of global warming, CO<sub>2</sub> derived from the production of cement and steel has begun to pose a serious concern. While concrete engineering has developed, and the design system has been built up with a focus on structural safety, it has now become necessary to incorporate environmental issues as well. In other words, the wave of “sustainable development” defined in 1987 is now washing over concrete engineering. Sakai has been trying to generalize this as the framework of “sustainability design.”<sup>3,4</sup>

## Carbon Neutrality Turmoil

Meanwhile, some disturbing discourse has emerged in the quest for carbon neutrality to curb global warming by 2050, which includes attempts at “greenwashing.” Environmental, social, and governance (ESG) investment seems to be shrinking. These phenomena have resulted from an incorrect understanding of carbon neutrality and narrow thinking that has allowed people to take advantage of this trend for new business opportunities.

As seen from the agreement of COP28, decarbonation amounts to a breakaway from fossil fuels, which have served as the basis for all industries. In other words, this agreement means a shift away from centuries of dependence on fossil fuels.

Potential substitutes for fossil fuels include hydrogen and ammonia, but their production requires renewable energy, such as solar, wind, hydro, and geothermal power. Methods of air conditioning, as well as transportation by land and by air, are also required to be free from greenhouse gas emissions. Fuels for producing various materials should also be converted, but these must be treated by carbon dioxide capture, utilization, and storage (CCUS) technology to avoid raw material-derived greenhouse gas emissions. Recycling of CO<sub>2</sub> also becomes necessary (for example, CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> (methane) and CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> → synthetic fuels) along with underground storage, which requires legal arrangements for underground storage rights and the development of storage technologies. Efforts should start with the elimination of CO<sub>2</sub> emissions, at least those derived from fuels. When producing cement, it is only necessary to change the fuel from coal to hydrogen. As for steel, achieving the transition from the blast furnace to the electric furnace will ultimately lead to full recycling. However, it is inevitable that a certain amount of time will be necessary for improving the conditions for carbon neutrality.

## A Way Out of Carbon Neutrality Turmoil

The first step to end the carbon neutrality turmoil is to convert electric power to renewable energy power. The environment for fuel production necessary for material manufacture should then be prepared. For cement production, fuels should be replaced with green hydrogen. Melting conditions should be adjusted. This would reduce CO<sub>2</sub> emissions by about 40%. CO<sub>2</sub> derived from limestone raw

material can be reduced either by entrusting its treatment to CCUS, by replacing cement clinker with supplementary cementitious materials (SCMs) if possible, or by allowing plants to absorb it. SCMs are not promising as a tool, as the amount available is limited even now and expected to decline in the future.<sup>5</sup> Moreover, their performance is not fully comparable to that of cement clinker. With this in mind, the cement/concrete-related industries should appropriately conduct “transition design” to set out a course for carbon reduction to a required level.

There has been a discourse arguing that Ca(OH)<sub>2</sub> is formed in cement hydrates and is carbonated by CO<sub>2</sub> into CaCO<sub>3</sub>, offsetting the CO<sub>2</sub> emissions during cement production. However, carbonation would alter the properties of the binder between aggregate particles. Most of such mechanisms take a long time over the service life of concrete, with the full picture being in the unknown territory of concrete engineering along with the recent topic of forced CO<sub>2</sub> absorption. Therefore, it should be better to keep these theories on the research level. Researchers are free to study this area, but technology deployment deviating from the essence will hinder movement in the right direction. It is vital to conduct steady transit design we can be certain of.

Techniques to mix liquid CO<sub>2</sub> into concrete have been developed, but the difference of the resulting concrete from conventional concrete has yet to be clearly explained. According to the publicly available data, their CO<sub>2</sub>-reducing effect falls far short of carbon neutrality.

Recycling is crucial for the limited resources on Earth, which 8 billion people call home. Humankind has somehow achieved recycling so far. There is no major obstacle to the recycling of rocks and iron. Moreover, rare mineral resources can be recycled from products. However, recycling of cement hydrates as the binder has not been achieved. First, aggregate must be removed from concrete. Melting in an electric furnace to produce recycled cement may be possible, but resource recycling must produce a benefit worthy of the effort. Otherwise, downcycling has to be accepted. What is important is to use recycled materials as resources in any way. In short, it is important to appropriately understand what “sustainability” means and take necessary measures.<sup>6</sup> Nothing comes out of thinking without rationality.

## Afterword

Cement/concrete technology accumulated over hundreds of years cannot be transformed overnight. Low cost has been the basis for conventional technical development. With carbon neutrality demanding a drastic change in the existing technological foundation, there is a need to make drastic changes to the framework of sustainability concerning society, environment, and cost. In other words, there is no magic when it comes to carbon neutrality. Nuclear-fusion power generation is still a long way off. What about natural hydrogen? It is doubtful whether emissions trading will function as intended.

## References

1. The United Nations World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford, UK, 1987, 374 pp.
2. Sarukawa, Y.; Sakai, K.; and Kubouchi, A., "Japan's 100-Year-Long Otaru Port Breakwater Durability Test," *Concrete International*, V. 16, No. 5, May 1994, pp. 25-28.
3. Sakai, K., and Noguchi, T., *The Sustainable Use of Concrete*, CRC Press, Boca Raton, FL, 2012, 188 pp.
4. Sakai, K.; Shibata, T.; Kasuga, A.; and Nakamura, H., "Sustainability Design of Concrete Structures," *Structural Concrete*, V. 17, No. 6, Dec. 2016, pp. 1114-1124.
5. Sakai, K., and Matsuka, T., "The Essence of Carbon Neutrality in Concrete-Related Technologies," *Concrete International*, V. 45, No. 11, Nov. 2023, pp. 40-41.
6. Sakai, K., and Matsuka, T., "The Essence of Sustainability in the Use of Concrete," V. 62, No. 3, *Concrete Journal*, Japan Concrete Institute, Mar. 2024, pp. 38-46. (in Japanese)

This Point of View article is presented for reader interest by the editors. However, the opinions expressed are not necessarily those of the American Concrete Institute. Reader comment is invited.



ACI Honorary Member **Koji Sakai** is the Representative of the Japan Sustainability Institute, Sapporo, Japan. He is a member of ACI Committees 120, History of Concrete, and 130, Sustainability of Concrete. He is also immediate past Chair of ISO/TC 71/SC 8, Environmental Management for Concrete and Concrete Structures. He was Chair of *fib* Commission 3, Environmental Aspects of Design and Construction, from 2002 to 2010, and the Japan Concrete Institute Committee on Sustainability from 2010 to 2021. Sakai has been a session co-moderator for all ACI Concrete Sustainability Forums.



**Takeju Matsuka** is an Associate Professor at the National Institute of Technology, Kumamoto College, Yatsushiro, Japan. His research interests include the transition design of concrete technologies and performance-based sustainability design systems.

## Affordable Resource for Concrete Contractors



**Concrete Fundamentals is an easy-to-use book and valuable starting point for someone in the concrete industry.**

- Offered in full color and dual units;
- Ideal as a required course textbook or company onboarding tool;
- Available in English and Spanish; and
- Available as a book or downloadable PDF.

**Pricing as low as \$19**

Visit [concrete.org/store](https://concrete.org/store) for more information.



American Concrete Institute  
*Always advancing*



## Alejándose de la Confusión de la Neutralidad de Carbono

Por Koji Sakai y Takeju Matsuka

La humanidad parece haber emprendido una amplia gama de esfuerzos desde que las Naciones Unidas emitieron el informe *Nuestro Futuro Común* en 1987<sup>1</sup>, que definió el “desarrollo sostenible”. El calentamiento global ha atraído una atención particular como un tema urgente, llevando a la adopción del Acuerdo de París en la COP21 en 2015, que requería que las Partes “presentaran sus contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el período posterior a 2020, independientemente de si son países desarrollados o en desarrollo”. El objetivo general del acuerdo era “mantener el aumento de la temperatura promedio global muy por debajo de 2 °C (3.6 °F), y esforzarse por limitar el aumento de temperatura a 1.5 °C (2.7 °F), por encima de los niveles preindustriales”.

Sin embargo, resultó que las NDC compiladas no se acercaban a la meta del Acuerdo de París. El movimiento internacional posterior, que debería haber sido decisivo, se estancó debido a una mezcla compleja de problemas, incluidos los deseos de desarrollo de los países del Sur Global, las agendas de las naciones productoras de petróleo y la falta de apoyo de los países desarrollados a los países en desarrollo.

La esencia del problema estaba clara, pero se evitaron decisiones que abordaran el núcleo del asunto. Finalmente, en 2023, las naciones participantes en la COP28 aprobaron una transición “lejos de los combustibles fósiles” hacia la energía renovable. Esto es notable porque la COP28 se celebró en los Emiratos Árabes Unidos (EAU), un productor de combustibles fósiles. A primera vista, esto puede no parecer un avance significativo, pero en realidad, es el centro del problema. Con este fin, el acuerdo también estableció como objetivo triplicar la capacidad de energía renovable y duplicar la eficiencia energética para 2030. Este cambio histórico significa que la humanidad ha reconocido, después de numerosos desastres causados por

lluvias torrenciales y sequías alrededor del mundo, que la situación ya no puede quedar sin respuesta, aunque se vislumbren desafíos por delante.

Mientras tanto, el mundo industrial parece haberse despertado repentinamente a la acción, estableciendo la neutralidad de carbono como un objetivo a alcanzar para 2050. Sin embargo, esta meta de transformación revolucionaria está causando una gran confusión, ya que requiere la “creación destructiva” de tecnologías y sistemas que la humanidad construyó en la era moderna. Por lo tanto, es necesario comprender con calma la verdadera naturaleza del problema y tomar las acciones necesarias.

Este artículo aclara qué hacer ahora con una visión clara de la naturaleza de la inestabilidad en torno a la neutralidad de carbono en el campo del cemento/concreto y discute las medidas para avanzar hacia esta transformación histórica.

### ¿Qué es el cemento/concreto?

John Smeaton utilizó cal hidráulica como material de unión para bloques de granito en la construcción de un faro en 1756, y Joseph Aspdin obtuvo una patente en 1824 por el método de producción de cemento hidráulico. Es decir, el concreto moderno tiene una historia de más de 200 años. En Japón, Isami Hiroi, quien se graduó en la segunda generación del Colegio Agrícola de Sapporo, Japón, y se convirtió en el primer director de la Oficina de Construcción del Puerto de Otaru en 1897, comenzó pruebas de durabilidad con briquetas de mortero el año anterior, cuando aún no se había establecido un método de diseño de dosificación. Estas pruebas proporcionaron una gran cantidad de información para las generaciones siguientes como las “Pruebas de Durabilidad de 100 Años”<sup>2</sup>. Con su uso generalizado y el desarrollo de tecnologías y sistemas relacionados, el cemento/concreto ha ganado el estatus de material fundamental para el desarrollo de infraestructura actual.

El concreto es un material sencillo que combina agregados, que constituyen aproximadamente el 70 % de su volumen, con hidratos de cemento. Los agregados son materiales muy abundantes, al igual que el agua, que es necesaria para la hidratación del cemento. La piedra caliza, una materia prima del cemento, es una sustancia que ha sido y continúa siendo producida por organismos vivos a lo largo de un período de tiempo prolongado. Por lo tanto, se puede decir que el concreto tiene las características de un material que puede ser utilizado en grandes cantidades. El acero de refuerzo es el mejor y más resistente complemento para el



concreto, compensando su debilidad. Sus materias primas también están ampliamente disponibles. En otras palabras, ningún material puede reemplazar al concreto.

No obstante, dado que se ha aclarado que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es la causa del calentamiento global, el CO<sub>2</sub> derivado de la producción de cemento y acero ha comenzado a plantear una preocupación seria. Mientras que la ingeniería del concreto ha evolucionado y el sistema de diseño se ha construido con un enfoque en la seguridad estructural, ahora se ha vuelto necesario incorporar también cuestiones ambientales. En otras palabras, la ola del “desarrollo sostenible” definida en 1987 ahora está alcanzando a la ingeniería del concreto. Sakai ha intentado generalizar esto bajo el marco de “diseño sostenible”<sup>3,4</sup>.

## Confusión en la Neutralidad de Carbono

Mientras tanto, ha surgido un discurso inquietante en la búsqueda de la neutralidad de carbono para frenar el calentamiento global para 2050, lo cual incluye intentos de “greenwashing”. La inversión en factores ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) parece estar disminuyendo. Estos fenómenos han surgido de una comprensión incorrecta de la neutralidad de carbono y de una perspectiva limitada que ha permitido que las personas se aprovechen de esta tendencia para nuevas oportunidades comerciales.

Como se observa en el acuerdo de la COP28, la descarbonización equivale a una ruptura con los combustibles fósiles, que han servido como base para todas las industrias. En otras palabras, este acuerdo significa un cambio lejos de siglos de dependencia de los combustibles fósiles.

Los posibles sustitutos de los combustibles fósiles incluyen el hidrógeno y el amoníaco, pero su producción requiere energía renovable, como la solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica. También se requiere que los métodos de climatización, así como el transporte por tierra y aire, estén libres de emisiones de gases de efecto invernadero. Los combustibles para la producción de varios materiales también deben ser convertidos, pero estos deben ser tratados mediante tecnología de captura, utilización y almacenamiento de dióxido de carbono (CCUS) para evitar emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de las materias primas. También se vuelve necesario el reciclaje de CO<sub>2</sub> (por ejemplo, CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> (metano) y CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> → combustibles sintéticos) junto con el almacenamiento subterráneo, lo cual requiere arreglos legales para los derechos de

almacenamiento subterráneo y el desarrollo de tecnologías de almacenamiento. Los esfuerzos deben comenzar con la eliminación de emisiones de CO<sub>2</sub>, al menos las derivadas de los combustibles. Al producir cemento, solo es necesario cambiar el combustible de carbón a hidrógeno. En cuanto al acero, lograr la transición del alto horno al horno eléctrico llevará, en última instancia, al reciclaje completo. Sin embargo, es inevitable que se necesite cierto tiempo para mejorar las condiciones hacia la neutralidad de carbono.

## Una Salida de la confusión de la Neutralidad de Carbono

El primer paso para acabar con la inestabilidad de la neutralidad de carbono es convertir la energía eléctrica en energía renovable. Luego debe prepararse el entorno para la producción de combustible necesario para la fabricación de materiales. Para la producción de cemento, los combustibles deben ser reemplazados por hidrógeno verde. Las condiciones de fusión deben ajustarse. Esto reduciría las emisiones de CO<sub>2</sub> en aproximadamente un 40 %. El CO<sub>2</sub> derivado de la materia prima de piedra caliza puede reducirse ya sea confiando su tratamiento a CCUS, reemplazando el Clinker de cemento con materiales cementantes suplementarios (SCM) si es posible, o permitiendo que las plantas lo absorban. Los materiales cementantes suplementarios no son prometedores como herramienta, ya que la cantidad disponible es limitada incluso ahora y se espera que disminuya en el futuro<sup>5</sup>. Además, su rendimiento no es totalmente comparable al del clínker de cemento. Con esto en mente, las industrias relacionadas con el cemento/concreto deberían realizar apropiadamente un “diseño de transición” para establecer un curso hacia la reducción de carbono al nivel requerido.

Ha habido un discurso que argumenta que se forma Ca(OH)<sub>2</sub> en los hidratos de cemento y se carbonata mediante CO<sub>2</sub> en CaCO<sub>3</sub>, compensando las emisiones de CO<sub>2</sub> durante la producción de cemento. Sin embargo, la carbonatación alteraría las propiedades del aglomerante entre las partículas de agregado. La mayoría de estos mecanismos toman un tiempo prolongado durante la vida útil del concreto, con el panorama completo en un territorio desconocido de la ingeniería del concreto junto con el reciente tema de la absorción forzada de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, es mejor mantener estas teorías en el nivel de investigación. Los investigadores son libres de estudiar esta área, pero la implementación de tecnología que se desvíe de la esencia obstaculizará el avance en la dirección correcta. Es vital realizar

un diseño de transición constante del que podamos estar seguros.

Se han desarrollado técnicas para mezclar CO<sub>2</sub> líquido en el concreto, pero aún no se ha explicado claramente la diferencia entre el concreto resultante y el concreto convencional. Según los datos disponibles públicamente, su efecto reductor de CO<sub>2</sub> está muy lejos de la neutralidad de carbono.

El reciclaje es crucial para los recursos limitados en la Tierra, hogar de 8 mil millones de personas. La humanidad ha logrado algo de reciclaje hasta ahora. No existe un obstáculo importante para el reciclaje de rocas y hierro. Además, los recursos minerales raros pueden reciclarse a partir de productos. Sin embargo, no se ha logrado el reciclaje de los hidratos de cemento como aglomerante. Primero, el agregado debe ser removido del concreto. Puede ser posible fundir en un horno eléctrico para producir cemento reciclado, pero el reciclaje de recursos debe producir un beneficio que valga el esfuerzo. De lo contrario, se debe aceptar el reciclaje de menor calidad. Lo importante es utilizar los materiales reciclados como recursos de cualquier forma. En resumen, es importante comprender apropiadamente lo que significa “sostenibilidad” y tomar las medidas necesarias<sup>6</sup>. Nada surge del pensamiento sin racionalidad.

## Epílogo

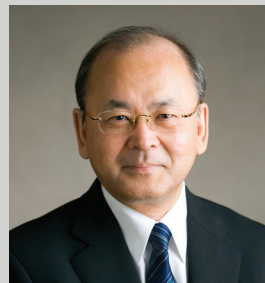
La tecnología del cemento/concreto acumulada durante cientos de años no puede transformarse de la noche a la mañana. El bajo costo ha sido la base del desarrollo técnico convencional. Con la neutralidad de carbono exigiendo un cambio drástico en la base tecnológica existente, hay una necesidad de realizar cambios drásticos en el marco de sostenibilidad en relación con la sociedad, el medio ambiente y el costo. En otras palabras, no existe una solución mágica cuando se trata de la neutralidad de carbono. La generación de energía por fusión nuclear todavía está lejos. ¿Qué pasa con el hidrógeno natural? Es dudoso que el comercio de emisiones funcione como se pretende.

## Referencias

1. The United Nations World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford, UK, 1987, 374 pp.
2. Sarukawa, Y.; Sakai, K.; and Kubouchi, A., “Japan’s 100-Year-Long Otaru Port Breakwater Durability Test,” *Concrete International*, V. 16, No. 5, May 1994, pp. 25-28.
3. Sakai, K., and Noguchi, T., *The Sustainable Use of Concrete*, CRC Press, Boca Raton, FL, 2012, 188 pp.

4. Sakai, K.; Shibata, T.; Kasuga, A.; and Nakamura, H., “Sustainability Design of Concrete Structures,” *Structural Concrete*, V. 17, No. 6, Dec. 2016, pp. 1114-1124.
5. Sakai, K., and Matsuka, T., “The Essence of Carbon Neutrality in Concrete-Related Technologies,” *Concrete International*, V. 45, No. 11, Nov. 2023, pp. 40-41.
6. Sakai, K., and Matsuka, T., “The Essence of Sustainability in the Use of Concrete,” V. 62, No. 3, *Concrete Journal*, Japan Concrete Institute, Mar. 2024, pp. 38-46. (in Japanese)

**Koji Sakai**, miembro honorario del ACI, es el representante del Instituto de Sostenibilidad de Japón, en Sapporo, Japón. Es miembro de los Comités 120 del ACI, Historia del Concreto, y 130, Sostenibilidad del Concreto. También fue presidente inmediato de ISO/TC 71/SC 8, Gestión Ambiental para Concreto y Estructuras de Concreto. Fue presidente de la Comisión 3 de la fib, Aspectos Ambientales del Diseño y la Construcción, desde 2002 hasta 2010, y del Comité de Sostenibilidad del Instituto de Concreto de Japón desde 2010 hasta 2021. Sakai ha sido co-moderador de sesiones en todos los Foros de Sostenibilidad del Concreto del ACI.



**Takeju Matsuka** es profesor asociado en el Instituto Nacional de Tecnología, Colegio de Kumamoto, Yatsushiro, Japón. Sus intereses de investigación incluyen el diseño de transición de tecnologías del concreto y sistemas de diseño de sostenibilidad basados en el rendimiento.



Título original en inglés:  
Point of View.  
Moving Away from  
Carbon Neutrality Turmoil

La traducción de este artículo  
correspondió al Capítulo  
México Noroeste



Traductora:  
**Jesús Omar  
Montaño Montaño**  
*Estudiante Ing. Civil  
Universidad de Sonora*



Revisor Técnico:  
**Ing. Oscar Ramírez  
Arvizu**